动 物 学 研 究 2010，Dec. 31(6): 610−616 CN 53-1040/Q ISSN 0254-5853
Zoological Research DOI：10.3724/SP.J.1141.2010.06610

甘肃兴隆山自然保护区马麝夏季栖息地特征及生境选择格局

佟 梦[1]，潘世秀[1]，王向伟[1]，安谈红[2]，冯金朝[1]，孟秀祥[1,*]

(1. 中央民族大学 生命与环境科学学院，北京 100081；2. 甘肃兴隆山国家级自然保护区管理局，甘肃 榆中 730117)

摘要：2006—2008 年夏季(7—8 月)，对甘肃兴隆山自然保护区马麝(*Moschus Sifanicus*)的栖息地特征和夏季生境选择格局进行了研究。用 Mann-Whitney *U* 检验和 χ^2 检验比较了马麝夏季利用生境样地(n=71)和对照性非利用样地(n=264)间的海拔等 17 个生态变量的差异，结果表明，兴隆山马麝夏季利用生境的郁闭度 [(53.87±3.09) %]和乔木均高 [(7.57±0.83) m] 均显著大于非利用样地 [郁闭度：(49.07±1.66) %，乔木均高：(6.33±0.32) m]，喜食植物多度[(12.97±1.80)]株也显著大于非利用样地[(9.61±0.67)株]。此外，与非利用样地相比，兴隆山马麝夏季倾向于选择位于中坡位较陡 (67.61%)、距离水源较近 (<1000 m, 77.46%)、隐蔽度 (88.73%) 和避风性均较好 (90%)及距人为干扰较远(>1000 m, 76.06%)的生境；主成分分析结果表明，前 4 个因子的累积贡献率达 72.45%，由乔木胸径和乔木郁闭度变量组成的乔木因子是决定马麝夏季生境选择的首要因素，此外，海拔因子，由地表植被盖度和食物多度组成的食物因子，由灌木盖度、乔木密度和灌木均高所组成的灌木因子也是表征兴隆山马麝夏季喜栖生境的重要因子。兴隆山马麝对夏季生境的选择是多维层面进行的生境适宜性的权衡，是对其夏季的食物、隐蔽地、水源和栖息基底等生态需求的综合反映。

关键词：马麝 (*Moschus sifanicus*)；兴隆山自然保护区；夏季；生境选择
中图分类号：Q958.11; Q959.842 **文献标志码**：A **文章编号**：0254-5853-(2010)06-0610-07

Summer habitat selection of alpine musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve, Northwestern China

TONG Meng[1], WANG Xiang-Wei[1], PAN Shi-Xiu[1], AN Tan-Hong[2], FENG Jin-Chao[1], MENG Xiu-Xiang[1,*]

(1. *College of Life and Environmental Sciences*, *Minzu University of China*, *Beijing* 100081, *China*;
2. *Xinglongshan National Nature Reserve*, *Yuzhong* 730117, *China*)

Abstract: During July and August from 2006 to 2008, summer habitat selection was studied in Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*) in Xinglongshan National Natural Reserve in northwestern China. In total, seventy one musk deer utilized habitat plots and 246 random habitat plots were surveyed. Seventeen habitat characteristics were recorded and compared between the two habitat types, using Mann-Whitney *U* test and chi-square to compare the differences between utilized and random habitat plots, and principal component analysis (PCA) to determine the main factors influencing the habitat selection of musk deer. Mann-Whitney *U* test and chi-square was conducted to test whether there was significant difference between utilized and random plots. The results showed that musk deer prefers habitat with taller arbor height (7.57 ± 0.83) m, higher food-plants abundance (12.97 ± 1.80), increasing foliage cover for concealment, lower water dispersion, and higher anthropogenic disturbance. Furthermore, PCA results suggested that the arbor characteristics (arbor canopy and arbor DBH), altitude characteristic, food characteristics (ground-plant cover and food-plant abundance) and shrub characteristics (shrub canopy, shrub height and related arbor density) influence summer habitat selection patterns of alpine musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve. The general pattern of summer habitat utilization and selection of alpine musk deer is an adaptive strategy to the changing food, concealment, water source and the physical condition of summer habitat.

Key words: Alpine musk deer (*Moschus sifanicus*); Xinglongshan National Nature Reserve; Summer; Habitat selection

---

收稿日期：2010-06-04；接受日期：2010-11-18
基金项目：国家自然科学基金(30770286)；教育部“新世纪优秀人才支持计划” (NCET-08-0596)；“十一五”国家科技支撑计划(2008BADB0B06)
*通讯作者(Corresponding author)，E-mail: mengxiuxiang2006@hotmail.com
第一作者简介：佟梦，1986 年生，女，硕士研究生

麝类动物(*Moschus* spp.)是小型森林型独栖有蹄类，其成年雄性可分泌麝香。我国是麝类资源最丰富的国家之一，但目前我国分布的 5 种麝类动物全已濒危，均被列为国家一级保护动物。麝类资源濒危的重要因素是其原有适宜栖息地的大量丧失和退化(Yang et al, 2003)。

马麝 (*Moschus sifanicus*) 是我国特有麝类动物，主要分布于青藏高原及周边区域，含青海、甘肃祁连山及肃南山地、贺兰山，以及西藏东南部、云南北部高山地区和四川省西部地区(Feng et al, 1985; Yang et al, 2003)，其中，甘肃兴隆山分布马麝的种群密度较大(Sheng, 1996; Liu & Sheng, 2000)，但由于栖息地质量下降等原因，该区域马麝种群数量已急剧下降(Sun et al, 2004)，急需保护。

栖息地在野生动物生活史中发挥重要作用，是动物一切生命活动和过程的发生基底，其质量高低直接影响动物的分布、数量、存活和繁殖等(Cody, 1985)。开展野生动物栖息地的研究与保护是进行濒危物种种群及生境保护的基础。

长久以来，学者们对马麝的综合生态特征(Feng et al, 1985; Zheng & Pi, 1979)、领域生态(Yang et al, 1998; Green, 1987a)、数量调查(Liu et al, 2001)及迁地保护和驯养(Meng et al, 2003)等方面进行了研究，但几无对马麝栖息地特征和生境选择格局的详细研究和报道，尤其缺乏对甘肃祁连山余脉区域的兴隆山保护区马麝的相关研究。

本研究通过对甘肃兴隆山马麝夏季生境的构成变量进行计测，分析其夏季喜好生境特征及制约其生境选择的关键因素，以期为濒危野生马麝的保护和管理提供基础资料和参考。

1　研究地区与方法

1.1　自然概况

兴隆山自然保护区(103°50′~104°10′ E; 35°38′~35°58′N)地处祁连山山系东延部分，山体长约 37 km，宽 17 km，海拔区间为 2 000~3 670 m。保护区内地貌形态以中、高山地，沟谷和坡地为主，山体间的狭长谷地辟为农耕地。兴隆山自然保护区河流水溪为黄河水系，区内年总径流量 5 .5×107 m^3。

保护区大陆性气候显著，年均温 1~6.4 ℃，年均日照时数 2 370~2 000 h，年均降水量 556.1~621.6 mm，降水分布极不均匀，主要集中于 7—9 月，年蒸发量 918.6 mm，相对湿度 68%，无霜期 110 d 左右 (Wang, 1996)。

兴隆山自然保护区总面积 29 583.6 hm^2，全区森林覆盖率为 49.6%，活立木总蓄积量 61 万 m^3 (Sun et al, 2004)。

1.2　研究方法

于 2006—2008 年夏季(7—8 月)，在兴隆山保护区采用机械布点法定点并设置 7 条样线，样线贯穿山体两侧的灌木和乔木林带，样线间距>1 000 m，沿样线每隔 100 m，向左右垂直样线方向各前行 50 m，以最先发现马麝痕迹处(粪便、足迹、卧迹、采食痕迹等)为中心，布设 1 个 10 m×10 m 马麝利用生境样地(单侧 50 m 样线最多布设 1 个利用样地)，如无痕迹，则在 50 m 样线中点处设置 1 个 10 m × 10 m 对照性非利用生境样地(单侧最多布设 1 个非利用样地)，并在上述 10 m×10 m 大样地中心和四角位置各布设 1 个 2 m × 2 m 小样地。结合报道的马麝栖息地特征(Zheng & Pi, 1979; Yang et al, 1998; Zhang & Hu, 2004; Wang, 2004)及考察地点的实际情况，参照 Chang & Xiao (1988)、Zhang & Xiao (1990)、Lu & Hu (2003) 和 Lu et al (2005)的生态因子设立，确定 9 个连续型生境变量和 8 个离散型生境变量，其定义及测定方法如表 1 所示。

1.3　数据处理

整理野外收集的生境数据。采用 Mann-Whitney *U* test 方法比较马麝夏季利用样地与非利用样地中连续型变量(海拔、乔木郁闭度、乔木均高、乔木胸径、乔木密度、灌木均高、灌木盖度、地表植被盖度、食物多度)的差异，采用卡方检验(Chi-Square Test)比较两种样地间的离散型变量(坡向、坡位、坡度、植被类型、距水源距离、隐蔽度、避风状况、距人为干扰距离)的差异。

对马麝夏季利用样地生境因子的野外数据进行主成分分析(principal components analysis, PCA)。在主成分分析中，根据样本数据矩阵计算出样本相关矩阵，求出相关矩阵的特征根和特征向量，根据特征根和特征向量求出各主成分及贡献率(Lu & Hu, 2003; Wu et al, 2006)。本研究取累计贡献率大于或等于 70%来决定提取因子数目的方法，确定马麝在对利用样地选择上起主要作用的生境因子。

2　结　果

2.1　马麝夏季利用样地和非利用样地生境因子

马麝夏季利用生境样地及非利用样地的连续

表 1 甘肃兴隆山马麝生境因子及定义

Tab. 1 Definition and description of habitat variables of wild alpine musk deer

变量 Variable	生境变量 Ecological variables	定义及描述 Variable definition and description
连续变量 Continuous variables	海拔 Altitude（m）	10 m × 10 m 样地内马麝新鲜活动痕迹中心所处地的海拔高度
	乔木郁闭度 Arbor canopy（%）	估测样地中心点四个方向植被上层林冠对地面的覆盖百分比, 取平均值
	乔木胸径 Arbor DBH（cm）	10 m × 10 m 样地内四个方向上距中心点最近乔木的胸径(DBH, 约为 1.3 m 高处)的平均值
	乔木高度 Arbor height（m）	10 m × 10 m 样地内四个方向上距中心点最近乔木(含针叶和阔叶树, DBH>10 cm)高度的平均值
	乔木密度 Arbor density (stems)	10 m × 10 m 样地内乔木(含针叶和阔叶树, DBH>10 cm)数量
	灌木均高 Shrub height（m）	10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m ×2 m 样地灌丛高度的平均值
	灌木盖度 Shrub canopy（%）	每个大样地中灌丛面积占样地面积的比率
	地表植被盖度 Ground-plant cover（%）	10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m ×2 m 样地内的地表植被盖度的平均值
	食物多度 Food-plant abundance	食物多度(food-plant abundance)：10 m × 10 m 样地内 5 个 2 m × 2 m 样地内的喜好植物[4]植株数的平均值
离散变量 Discrete Variables	坡向 Slope aspect	10 m ×10 m 样地内样地所处地的坡向, 分为东坡(45~135°)、南坡(135~225°)、西坡(225~315°)和北坡(315～45°)
	坡位 Slope position	10 m × 10m 样地的坡位, 区分为：坡下位和山谷、坡中位/山腰、坡上位和山脊
	坡度 Slope gradient (º)	10 m × 10 m 样地的坡度, 分为平坡(≤30°)、缓坡(30~60°)和陡坡(≥60°)。
	植被类型 Vegetation type	10 m × 10 m 样地植被的主要生长型外貌, 分为针叶林(conifer forest)、阔叶林 (broadleaf forest)、针阔混交林(conifer and broadleaf mixed forest)、灌丛(shrub)、草地(grassland)
	距最近水源距离 Water dispersion （m）	样地到水源(泉水及河溪等水体, 不含积雪)的垂直距离, 分为 3 级, 即近(≤500 m)、中等(500 ~1 000 m)和远(≥1 000 m)
	距人为干扰的距离 Anthropogenic dispersion (m)	样地到人为干扰(如旅游活动、交通、农耕、采集及放牧等), 分为 3 级, 即近(≤500 m)、中等(500 ~1000 m)和远(≥1 000 m)
	隐蔽度 Concealment	在 1 m 高处(马麝直立时头眼位置的大致高度), 样地 4 个方向的可视距离的平均值, 分为 3 级, 即良(≤10 m)、中(10~20 m)和差(≥20 m)
	避风状况 Lee condition	样地受风侵扰程度, 分为 3 级, 即良、中、差 3 个等级

型变量的分布如表 2 所示。马麝夏季利用样地的乔木均高(7.57±0.83) m 显著大于非利用样地〔(6.33 ± 0.32) m (P=0.026)〕, 食物多度(12.97±1.80)株也极显著地大于非利用样地(9.61±0.67) 株 (P = 0.004)。两种类型的样地在其他的数值型变量上也存在一定差异, 但未达显著水平(P>0.05)。

两类样地的离散变量(坡向、坡位、坡度、植被类型、水源距离、隐蔽度、避风和人为干扰距离)

表 2 兴隆山自然保护区马麝夏季利用样地和非利用样地连续型变量的比较

Tab. 2 Continuous variables in used sites and random plots of musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve during summer

变量 Variables	非利用样地 Random plots (n=264)	利用样地 Used sites (n=71)	P
海拔 Altitude	2397.89±7.06	2319.02±9.31	0.237
乔木郁闭度 Arbor canopy	49.07±1.66	53.87±3.09	0.167
乔木均高 Arbor height	6.33±0.32	7.57±0.83	0.026^{*}
乔木胸径 Arbor DBH	103.50±8.04	118.22±13.26	0.345
乔木密度 Arbor density	1.65±0.09	1.64±0.14	0.710
灌木均高 Shrub height	2.73±0.41	3.73±1.53	0.247
灌木盖度 Shrub canopy	48.98±1.64	46.76±3.31	0.561
地表植被盖度 Ground-plant cover	24.05±1.44	26.51±2.76	0.379
食物多度 Food-plant abundance	9.61±0.67	12.97±1.80	0.007^{**}

数据：平均值±标准误; *差异显著(P<0.05); **差异极显著(P<0.01)。Data showed as Mean ± *SE*, * Significant difference (P<0.05); **Most significant difference (P<0.01).

的各自水平的频次和利用率如表 3 所示。马麝夏季对阴坡(西坡和北坡)的选择较多(69.01%)，但同对照样地无显著差异(*P*=0.06)，趋于利用中坡(67.61%)和陡坡(12.68)，同对照样地差异显著(*P*=0.038)。此外，两者在水源距离、隐蔽度、避风性、距人为干扰距离等变量上也存在显著差异(水源距离：*P*=0.01；隐蔽度：*P*=0.001；避风状况：*P*=0.037；距人为干扰距离：*P*=0.001)，马麝夏季利用样地距水源较近(<1000 m, 77.46%)、隐蔽度较好或适中(88.73%)、避风状况较好或适中(90%)，同时，距人为干扰也

表 3 兴隆山自然保护区马麝夏季利用样地和非利用样地中离散型生境因子的比较

Tab. 3 Discrete variables in used sites and random plots of musk deer in Xinglongshan National Nature Reserve during summer

因子 Factor	项目 Item	频次 Frequency		百分率 Percentage (%)	
		非利用样地 Random plots (*n*=264)	利用样地 Used sites (*n*=71)	非利用样地 Random plots (*n*=264)	利用样地 Used sites (*n*=71)
坡向 Slope aspect	东 East	1	—	0.38	—
	南 South	89	22	33.71	30.99
	西 West	57	26	21.59	36.62
	北 North	117	23	44.32	32.39
		χ^2=7.399, *df*=3, *P*=0.06			
坡位 Slope position	下坡 Lower	75	21	28.41	29.58
	中坡 Mid.	92	33	34.85	46.48
	上坡 Upper	97	17	36.74	23.94
		χ^2=6.998, *df*=2, *P*=0.03			
坡度 Slope gradient	缓坡<30°	91	14	34.47	19.72
	中坡 30~60°	155	48	58.71	67.61
	陡坡>60°	18	9	6.82	12.68
		χ^2=6.54, *df*=2, *P*=0.038			
植被类型 Vegetation type	针叶林 COF	20	6	7.58	8.45
	针阔混交 CB	108	39	40.91	54.93
	阔叶林 BLF	117	25	44.32	35.21
	灌丛 SHR	17	1	6.44	1.41
	草地 GRL	2	—	0.76	—
		χ^2=6.83, *df*=4, *P*=0.145			
距水源距离 Water dispersion	近：<500	87	35	32.95	49.30
	中：500~1000	50	20	18.94	28.17
	远：>1000	127	16	48.11	22.54
		χ^2=14.954, *df*=2, *P*=0.01			
隐蔽度 Concealment	良 Good	141	35	53.41	49.30
	中 Medium	54	27	20.45	38.03
	差 Bad	56	8	21.21	11.27
		χ^2=9.943, *df*=2, *P*=0.001			
避风状况 Lee condition	良 Good	136	36	54.2	51.4
	中 Medium	64	27	25.5	38.6
	差 Bad	51	7	20.3	10.0
		χ^2=6.603, *df*=2, *P*=0.037			
距人为干扰距离 Anthropogenic dispersion	近：<500	72	22	27.27	30.99
	中：500~1000	67	32	25.38	45.07
	远：>1000	125	17	47.35	23.94
		χ^2=14.847, *df*=2, *P*=0.001			

较远 (>1 000 m, 76.06%)。

2.2 马麝夏季生境变量的主成分分析

马麝夏季生境变量的主成分分析结果表明, 前 4 个特征值的累积贡献率达 72.45%, 可较好反映兴隆山马麝的夏季生境特征, 因此仅选择前 4 个主成分进行分析。各生境因子载荷系数的转置矩阵见表 4。据生境变量的载荷系数绝对值大小进行主成分划分。

表 4 马麝夏季栖息地因子载荷系数的转置矩阵表
Tab. 4 Rotated component matrix showing loading coefficients of habitat variables during summer

变量 Variable	特征向量 Eigenvector			
	1	2	3	4
海拔 Altitude	0.431	−0.713	0.271	0.070
乔木郁闭度 Arbor canopy	0.696	0.372	0.289	0.346
乔木高度 Arbor height	0.579	0.025	0.413	0.217
乔木胸径 Arbor DBH	0.759	0.341	−0.198	0.091
乔木密度 Arbor density	0.321	0.514	0.281	−0.451
灌木均高 Shrub height	0.194	−0.561	−0.279	0.424
灌木盖度 Shrub canopy	−0.476	0.588	−0.07	0.565
地表植被盖度 Ground-plant cover	0.107	0.184	−0.757	0.076
食物多度 Food-plant abundance	−0.610	0.034	0.647	0.234
贡献率 Percent (%)	25.916	19.150	16.904	10.477
累计贡献率 Cumulative Percent (%)	25.916	45.066	61.970	72.447

第一主成分特征值为 2.332, 对差异的贡献率达 25.916%, 其中乔木胸径和乔木郁闭度的绝对值相对较高, 分别为 0.759 和 0.696, 主要反映了兴隆山马麝夏季生境乔木方面的特征, 故将第一主成分定义为“乔木因子”。结合表 2, 兴隆山马麝夏季主要选择乔木胸径较大 [(118.22±13.26) cm]、乔木郁闭度较大 [(53.87±3.09) %] 的生境作为其夏季栖息地。第二主成分特征值为 1.723, 贡献率达 16.877%, 海拔变量载荷系数绝对值最大(0.713), 反映了马麝夏季生境的海拔高度特征, 故将第二主成分定义为“海拔因子”。马麝夏季主要选择一定生境高度 [(2319.02 ± 9.31) m]的生境 (表 2)。第三主成分的特征值为 1.521, 贡献率为 16.904%, 其中载荷系数绝对值较大的变量是地表植被盖度(0.757)和食物多度(0.647), 反映的是马麝夏季栖息地的食物丰度方面的特征, 故将第三主成分定义为“食物因子”。马麝趋于选择具一定地表植被盖度 [(26.51±2.76)%]的喜食植物较多(12.97±1.80)的生境作为其夏季生境(表 2)。第四主成分的特征值为 0.943, 贡献率为 10.477%, 其中载荷系数绝对值较大的变量是灌木盖度(0.565)、乔木密度(0.451)和灌木均高(0.424), 反映的是马麝夏季栖息地灌木方面的特征, 将其定义为“灌木因子”。兴隆山马麝夏季趋于选择具一定灌木盖度[(46.76 ± 3.31) %]、灌木高度[(3.73±1.53) m]和乔木密度[(1.64 ± 0.14)株]的稀疏乔灌木生境。

3 讨 论

动物生境选择是动物适应环境的综合对策, 受诸多因素影响, 动物的遗传特征和生理特性、气候、生境属性、食物、隐蔽所、捕食和竞争压力等均可对动物的栖息地选择和利用产生效应(Chu et al, 2009)。甘肃兴隆山保护区地处典型大陆性气候区, 降水较少, 夏季干旱炎热, 极端温度可达 32.6℃ (Wang, 1996), 另一方面, 马麝喜冷避热, 全身密布中空毛发, 保温性强而散热性差, 加上其迅捷运动方式的激烈代谢产热, 因此, 高温及缺水是兴隆山马麝夏季最重要的胁迫因素, 对喜好温度和水源的选择成为决定其栖息地选择的关键因素。

马麝存在季节性垂直迁移, 夏季于较高海拔生境, 获得相对较低的环境温度(Zheng & Pi, 1979)。本研究表明, 兴隆山保护区马麝夏季对海拔的选择性显著, 并通过选择栖息地的乔木特征来选择喜好温度及降低失水, 也正因如此, 本研究中, 乔木因子和海拔因子即成为决定马麝夏季栖息地利用的最关键因子(即第一主成分和第二主成分), 其利用样地的海拔度、乔木郁闭度及乔木胸径等乔木特征均高于非利用样地。与此类似, 为避免高温胁迫, 黑尾鹿(*Odocoileus hemionus*)夏季栖息地的郁闭度也明显较高(Sargent et al, 1994)。但与本研究结果相反, 我国东北兴安岭分布的原麝(*Moschus moschiferus*)夏季生境的郁闭度较小(Wu et al, 2006; Zhang et al, 2008), 这可能是同该区域的夏季均温较低有关。

地处西北干旱区的兴隆山地表径流相对较少, 区域内的最大河流(兴隆峡)的夏季径流量仅为 0.23 m^3/s (Wang, 1996), 因此, 水源也是制约兴隆山马麝夏季生境选择的重要因子。在本研究中, 兴隆山马麝夏季利用样地与非利用样地在距最近水源距离的差异上差异极显著, 大部分利用样地(77.46%)距水源较近(<1000 m)。类似的对水源的强烈选择也见于原麝和林麝(Wu et al, 2006; Zhang et al, 2008;

Guo et al, 2001)及分布于四川西北的马麝 (Zhang & Hu, 2004)。

此外，动物选择不同的栖息地类型可反映其生理生态需求与被捕食风险之间的一种平衡关系(Kie, 1999)。除获得喜好温度外，马麝夏季对生境郁闭度及乔木特征的选择可能还与其隐蔽需求有关。在本研究中，上述马麝夏季生境的较高的乔木郁闭度、乔木均高及乔木胸径等生境特征就间接反映了其夏季生境的隐蔽性，而其夏季 88.73%的利用样地的隐蔽度较好，马麝通过对上述生境特征的选择相对降低了生境中的天敌捕食风险及人为干扰强度。在兴隆山，石貂(*Martes foina*)及苍鹰(*Accipiter gentilis*)等天敌可对马麝产生一定的捕食压力，尤其是马麝幼仔和亚成体(Gao & Kang, 1997)。因野生马麝的分娩育幼高峰处于 5—8 月(Meng et al, 2003)，马麝又是典型的隐蔽型有蹄类(hider)，幼麝的绝对隐蔽期可长达 3 周(Du & Sheng, 1997; Green, 1987b)，隐蔽性良好的生境是幼麝免遭天敌捕杀的保障。因此，通过对生境的乔木特征、灌木特征的选择而提高生境的隐蔽性以减少捕食胁迫，不仅与成年马麝个体的存活有关，而且可提高幼麝的成活率，故马麝夏季对隐蔽性的需求非常强烈。兴隆山保护区是甘肃驰名的旅游景区，夏季(5 月到 9 月)是其旅游旺季，相对低海拔区间内的旅游及相关的经营活动(如商店和游乐设施经营等)以及当地社区的生产(如放蜂、野菜采集、耕作及放牧等)等人为活动对马麝也产生了较大影响。虽然保护区采取了建立隔离围栏等措施，但上述人为活动无疑会对马麝的栖息地利用格局产生直接间接的效应。因此，马麝通过对生境乔木灌木特征及海拔高度的选择，也减少了上述源于人为活动的胁迫，也正因如此，本研究中的马麝的 76.06%生境距离人为干扰活动较远(>1 000 m)。

温带动物生境的食物资源呈典型的季节变化，夏季食物质量和多度一般最优。因此，对一般的北方有蹄类动物而言，食物并不成为决定动物夏季是否在某地域分布的关键因子，但麝类动物是典型的精食者(browser)，以阔叶灌木的幼叶、茎尖及花芽等植物的幼嫩部分为食(Green, 1986, 1987a)，加上对喜食植物有强烈的选择性 (Hao et al, 2002; Green, 1987b)，麝类动物食物呈非均匀斑块状分布。因此，虽然夏季食物相对其他季节丰富，但摄食需求仍然是制约兴隆山马麝夏季栖息地选择时的重要因子。本研究表明，兴隆山马麝夏季利用样地的喜食植物多度显著优于非利用样地，表明马麝在进行夏季生境选择时，食物是首要的关键因子，主成分分析结果也印证了该点，即：食物因子(第三主成分，由地表植被盖度和食物多度变量组成)和灌木因子(第四主成分，由灌木盖度和灌木均高组成) 直接反映了兴隆山马麝夏季生境的食物多度，而第一主成分乔木因子(乔木胸径和乔木郁闭度)也间接反映了其生境的食物特征。

此外，兴隆山马麝夏季对中上坡位栖息地的选择率较大，表明马麝夏季也通过对坡位的选择，实现对喜好温度的获得，并可减少人为活动的影响。Guo et al (2001)对林麝的研究也得到了类似的结果。因麝类动物的领域性极强，其家域范围往往围绕一个山脊或山谷为中心展开(Wu et al, 2006)，而且马麝有采食及卧息地点分离的习性(Zheng & Pi, 1979; Liu et al, 2002)，因此，本研究中马麝夏季对坡向的选择比较平均，表现为对阴坡和阳坡均有选择，但对东坡的利用明显较低，这可能与兴隆山的地理走向及旅游规划设计有关。此外，兴隆山马麝夏季对陡坡的选择率明显偏高，这与麝类动物的解剖结构特点有关。麝前肢短小，后肢粗大，适于在险峻陡坡栖息和跳跃式运动。原麝(Wu et al, 2006; Zhang et al, 2008)和林麝 (Guo et al, 2001)也有类似的坡度选择格局。

参考文献：

Chang H, Xiao QZ. 1988. Selection of winter habitat of red deer in Dailing region [J]. *Acta Theriol Sin*, **8** (2): 81-88. 136. (in Chinese with English abstract). [常弘, 肖前柱. 1988. 带岭地区马鹿冬季对生境的选择性. 兽类学报, **8** (2): 81-88.]

Chu HJ, Jiang ZG, Jiang F, Ge Y, Tao YS, Li B, 2009, Summer and winter bed-site selection by Goitred Gazelle (*Gazella subgutturosa sairensis*) [J]. *Zool Res,* **30**(3): 311-318. (in Chinese with English abstract). [初红军, 蒋志刚, 蒋峰, 葛炎, 陶永善, 李斌. 2009. 鹅喉羚夏季和冬季卧息地选择. 动物学研究, **30**(3): 311-318.]

Cody ML. 1978. Habitat selection and inter-specific territoriality among the Sylviid Warblers of England and Sweden [J]. *Ecol Monogr*, **48**: 351-396.

Du WG, Sheng HL. 1997. Time budget and development of behavior in penned musk deer fawn [J]. *Acta Theriol Sin*, **17**(4): 253-258. (in Chinese with English abstract). [杜卫国, 盛和林. 1997. 圈养林麝幼仔的时间分配和行为发育. 兽类学报, **17**(4): 253-258.]

Feng ZJ, Cai GQ, Zheng CL, 1986, The Mammals of Tibet [M]. Beijing: Science Press. [冯祚建, 蔡桂全, 郑昌琳. 1986. 西藏哺乳类. 北京:

科学出版社.]

Gao ZQ, Kang FG. 1997. Effects of carnivorous predators on musk deer in Xinglongshan Nature Reserve [J]. *Chn Wildl*, **18** (5): 17-18. (in Chinese). [高志千, 康发功. 1997. 兴隆山食肉兽对马麝的影响. 野生动物, **18** (5): 17-18.]

Green MJB. 1986. The distribution, status and conservation of the Himalayan Musk deer (*Moschus chrysogaster*) [J]. *Biol Conserv*, **35**: 347-375.

Green MJB. 1987a. Ecological separation in Himalayan ungulates [J]. *J Zool*, **1**: 693-719.

Green MJB. 1987b. Diet composition and quality in Himalayan musk deer based on faecal analysis [J]. *J Wildl Mana*, **51**: 880-892. Guo J, Cheng XF, Ju YW, Hu JC, Hu JC, Luo Y, Sheng CL. 2001. Habitat selection of musk deer in Yele Nature Reserve [J]. *Chn. J Appl Envir Biol*, **7** (2): 183-18. (in Chinese with English abstract). [郭建, 程 晓峰, 巨云为, 陈泳宏, 胡锦矗, 骆云, 盛春宁. 2001. 冶勒自然保护区林麝对生境选择研究. 应用与环境生物学报, **7** (2): 183-18.]

Guo J, Cheng XF, Ju YW, Hu JC, Hu JC, Luo Y, Sheng CL. 2001. Habitat selection of musk deer in Yele Nature Reserve [J]. *Chn. J Appl Envir Biol*, **7** (2): 183-18. (in Chinese with English abstract). [郭建, 程 晓峰, 巨云为, 陈泳宏, 胡锦矗, 骆云, 盛春宁. 2001. 冶勒自然保护区林麝对生境选择研究. 应用与环境生物学报, **7** (2): 183-18.]

Hao ZL, Zhang XY, Guo YL, Li GL. 2002. The nutrients of alpine musk deer’s main edible wild plant in Xinglong Mountain Natural Reserve [J]. *Chn Herbiv*, **22** (4): 41-44. (in Chinese with English abstract). [郝正 里, 张学炎, 郭艳丽, 李国林. 2002. 兴隆山自然保护区马麝主要可食野生植物的营养成分.中国草食动物, **22** (4): 41-44.]

Kie JG. 1999. Optimal foraging and risk of predation: effects on behavior and social structure in Ungulates [J]. *J Mamm*, **80**: 1114-1129.

Liu ZX, Sheng HL.2000.The summarize of ecological research and protection of China’s musk deer [J]. *Chn J Zool*, **35**(3): 54-57. (in Chinese with English abstract). [刘志霄, 盛和林. 2000. 我国麝的生态研究与保护问题概述. 动物学杂志, **35**(3): 54-57.]

Liu ZX. Li Q, Kang FG. 2001. The ecological characteristic of the isolated population of Alpine musk deer (*Moschus chrysogaster*) at Region Working Circle of Xinglong Mountain of Gansu [J]. *Acta Ecol Sin*, **21**(6): 964-968. (in Chinese with English abstract). [刘志霄, 李强, 康发功等. 2001. 甘肃兴隆山林区马麝 (*Maschus chrysogaster*)隔离种群的生态特征. 生态学报, **21**(6): 964-968.]

Lu QB, Hu JC. 2003. Preliminary analysis on the habitat selection of black bears in the Minshan Mountains [J]. *Acta Theriol Sin*, **23**(2): 98-103. (in Chinese with English abstract). (in Chinese with English abstract). [鲁庆彬, 胡锦矗. 2003, 岷山黑熊生境选择的初步分析. 兽类学报, **23**(2): 98-103.]

Lu Q, Wang X, Hu J, Wang Z. 2005. Characteristics of the summer tibetan Gazelle’s distribution and habitat in Shiqu County of Sichuan Province [J]. *Acta Theriol Sin*, **25**(1): 91-96. (in Chinese with English abstract). [鲁庆彬, 王小明, 胡锦矗, 王正寰. 2005. 四川石渠县夏季藏原羚的分布和栖息地特征. 兽类学报. **25**(1): 91-96.]

Meng X, Yang Q, Xia L, Feng Z, Jiang Y, Wang P. 2003. The temporal estrous patterns of female alpine musk deer in captivity [J]. *Appl Anim Behav Sci*, **82**: 75–85.

Sargent GA, Eberhardt L, Peek J. 1994. Thermoregulation by mule deer in arid rangelands of south central Washington [J]. *J Mamm*, **75**: 536-544.

Sheng HL. 1996. The Current status of China’s musk deer resources and saving countermeasures [J]. *Chn Wildl*, **91** (3): 10-12. (in Chinese). [盛和林. 1996. 我国麝资源现状及救护措施. 野生动物, **91** (3): 10-12.]

Sun WG, Wang YD, Kang FG. 2004. An analysis of the change of life environment in Xinglongshan National Nature Reserve [J]. *J Gansu Sci*, **16** (3): 45-48. (in Chinese with English abstract). [孙伟刚, 王义德, 康发功. 2004. 兴隆山马麝栖息生境种群数量变化分析及保护. 甘肃科学学报, **16** (3): 45-48.]

Wang G. 2004. The Distribution characteristics of alpine musk deer resources in Xinglongshan National Nature Reserve [J]. Gansu *J Fores Sci Technol*, **29** (1): 44-57. (in Chinese with English abstract). [王功. 2004. 甘肃兴隆山保护区马麝资源的分布特征. 甘肃林业科技, **29** (1): 44-57.]

Wang XT. 1996. An investigation and study about resource backgrounds in Xinglongshan National Nature Reserve, Gansu [M]. Lanzhou: Gansu Ethnic Publishing House. (in Chinese). [王香亭. 1996. 甘肃兴隆山国家级自然保护区资源本底调查研究. 兰州: 甘肃民族出版社.]

Wu JP, Zhou LL, Mu LQ. 2006. Summer habitat selection by Siberian musk deer (*Moschus moschiferus*) in Tonghe forest area in the Lesser Khingan Mountains [J]. *Acta Theriol Sin*, **26**(1): 44-48. (in Chinese with English abstract). [吴建平, 周玲玲, 穆立蔷. 2006.小兴安岭通河林区原麝夏季对生境的选择. 兽类学报, 2006, **26** (1) : 44-48.]

Wu JP, Zhang HL, Zhang Y. 2007. The habitat selection of siberian musk deer in winter in Daxing'an Mountains [J]. *Chn J Zool*, **42**(4): 45-50. (in Chinese with English abstract). [吴建平, 张海龙, 张勇. 2007. 大兴安岭原麝冬季的生境选择. 动物学杂志, **42**(4): 45-50.]

Yang Q, Meng X, Xia L, Feng Z. 2003. Conservation status and Causes of decline of musk deer in China [J]. *Biol Conseerv*, **109**: 333-342.

Yang QS, Feng ZJ, Wang ZW. 1998. Home range of the alpine musk deer (*Moschus Sifanicus*) in the southeast area of Tibet Autonomous Region [J]. *Acta Theriol Sin*, **18**(2): 87-94. (in Chinese with English abstract). [杨奇森, 冯祚建, 王祖望. 1998. 西藏东南部地区马麝家域的研究. 兽类学报, **18**(2): 87-94.]

Zhang H, Wu J, Liu Y, Zhang Y. 2008. Hanitat selection by moschus moschiferus in summer in Daxing’ an Mountains [J]. *Chn J Ecol*, **27** (8): 1313-1316. (in Chinese with English abstract). [张海龙, 吴建平, 刘永志, 张勇. 2008. 大兴安岭原麝夏季的生境选择, 生态学杂志, **27**(8): 1313-1316.]

Zhang HM, Hu JC. 2004. Habitat selection of *Moschus chrysogaster sifanicus* in summer in northwestern plateau, Sichuan Province [J]. *Sichuan J Zool,* **23** (2): 98-103. (in Chinese with English abstract). [张洪茂, 胡锦矗. 2004. 川西北高原马麝(横断山亚种)的夏季生境选择. 四川动物, **23** (2) : 98-103.]

Zhang MH, Xiao QZ. 1990. A Study On Feeding and Bedding Habitat Selection By Red Deer In Winter [J]. *Acta Theriol Sin*, **10**(3): 175-183. (in Chinese with English abstract). [张明海, 萧前柱. 1990. 冬季马鹿采食生境和卧息生境选择的研究. 兽类学报, **10**(3): 175-183.]

Zheng SW, Pi NL. 1979. Studies on the ecology of alpine musk deer [J]. *Acta Zool Sin*, **25** (2): 176-186. (in Chinese with English abstract). [郑生武, 皮南林. 1979. 马麝的生态研究. 动物学报, **25** (2): 176-186.]